



Impacto de las enfermedades foliares sobre la producción de la cebada: tácticas de protección, criterios de aplicación y estrategias anti resistencia.

Ignacio Erreguerena y Facundo Quiroz

Grupo Patología Vegetal-EEA INTA Balcarce

Las limitantes más importantes del cultivo de cebada para la región del sur bonaerense son la nutrición mineral y las enfermedades foliares, dos factores que inciden directamente sobre el rendimiento y calidad comercial del grano. Dentro de las enfermedades más prevalentes podemos enumerar dos grandes grupos, las enfermedades de suelo y las foliares. El primer grupo está compuesto por enfermedades que producen la muerte y/o crecimiento subnormal de plántulas afectando a la implantación del cultivo. Las mismas son provocadas por un complejo de hongos patógenos de suelo en los que se incluye al género *Rhizoctonia sp.* y *Fusarium spp.*, entre otros. Dentro de las enfermedades foliares se encuentran mancha borrosa (MB) (*Bipolaris sorokiniana*, teleomorfo: *Cochliobolus sativus*), mancha en red (MR) (*Drechslera teres* f. *teres*, teleomorfo: *Pyrenophora teres*), escaldadura (Esc) (*Rhynchosporium secalis*), el salpicado necrótico (SNC) (*Ramularia collo-cygni*) y roya del tallo (RT) (*Puccinia graminis* f. *sp. tritici*).

Las herramientas actuales para el manejo sanitario del cultivo recaen en gran medida en el uso de fungicidas, tanto foliares como curasemillas. Esta práctica es muy común y necesaria sobre todo en el sudeste de la provincia de Buenos Aires donde las lluvias invernales son abundantes y la oferta de resistencia varietal a las enfermedades fúngicas es limitada. Actualmente en la Argentina las familias de ingredientes activos (i.a's) más utilizadas para la protección química ante las enfermedades en cebada son las estrobilurinas (inhibidores de la quinona externa), triazoles (inhibidores de la demetilasa) y/o las carboxamidas (inhibidores de la succinato deshidrogenasa). El uso de moléculas con mismo modo de acción, utilización de sub-dosis y/o aplicaciones divididas, la falta de rotación de familias de i.a's, aplicaciones tardías, entre otras, han provocado en el mundo la generación de cepas o variantes tolerantes/resistentes a diversos fungicidas incluyendo a los hongos antes mencionados (FRAC, 2013). En un contexto local con intensidades crecientes de las enfermedades por la escasa o nula rotación es necesario evitar prácticas agronómicas que generen resistencia/tolerancia a los productos fungicidas. Por lo tanto, resulta importante contemplar criterios y conocimientos para que el uso de esta tecnología sea eficiente, reduciendo el número de aplicaciones, lo cual contribuye con la sustentabilidad del cultivo y produce menor impacto sobre el ambiente.

Algunos criterios de protección sanitaria en cebada:

- **Fungicidas curasemillas:** brindan protección ante patógenos de suelo que producen la muerte de plántulas y pudriciones de base (p.e: triticonazole, tebuconazole, sedaxane, fluoxapyrozad, fludioxonil, etc) y contribuyen a la reducción de inóculo en semilla de enfermedades foliares.
- **Monitoreo y umbrales durante encañazón:** Se debe evaluar asiduamente la incidencia (plantas con síntomas/ plantas totales) y la severidad (altura y cobertura de manchas en hoja), lo cual nos dará una idea amplia de la situación

sanitaria del cultivo. Los umbrales para manchas foliares (“no SNC”) en cebada rondan entre un 20 y 30% de incidencia (Carmona, 2006). Para la toma de decisión se debe considerar este umbral y tener en cuenta, el progreso esperado de la enfermedad problema, la severidad de los síntomas en hojas, la disponibilidad de área verde y sana a proteger en relación al estadio fenológico del cultivo y el pronóstico de las condiciones ambientales venideras.

- Ventanas de protección ante el **salpicado necrótico**, esta es una enfermedad muy difícil de monitorear dado que es muy “explosiva” por lo que no se cuenta con umbrales para decidir la aplicación. Se sabe que la ventana de susceptibilidad del cultivo a este patógeno es alrededor de hoja bandera (Erreguerena *et. al.*, 2014) donde una aplicación de fungicida formulado con carboxamidas provee la mejor protección.

- **Estrategias antiresistencia:** utilización de diferentes i.a’s en mezcla (estrobilurinas, triazoles y/o carboxamidas), implementación de i.a’s multisitio, (ej: clorotalonil), **respetar dosis** de marbete, rotar i.a’s registrados para un mismo patógeno/enfermedad.

Ensayo de tácticas de protección química

En la campaña de fina 2015-2016 en la EEA INTA Balcarce se planteó un ensayo donde se evaluaron tácticas de manejo utilizando los fungicidas curasemillas y foliares (Tabla 1) más comunes o disponibles en el mercado. Las tácticas han sido planteadas en base a experiencias en Argentina y otros países, según manejo del productor promedio y otras de carácter contrastantes para poner en evidencia aspectos importantes de estas tecnologías (sustentabilidad, reducción de aplicaciones, rotación de moléculas, etc). El ensayo constó de 12 tácticas de protección del cultivo y dos controles (testigo sin curar y testigo con protección máxima con 3 aplicaciones de fungicida; NNN y NRR, respectivamente) y tres repeticiones (Tabla 2). La variedad utilizada fue Andreia por su buen comportamiento frente a MR y por ser una de las variedades de amplio uso en el sur bonaerense.

Nombre comercial	Empresa	Tipo	Ingredientes activos	Dosis recomendada
Vibrance® Integral (V)	Syngenta Agro	curasemilla-insecticida	sedaxane 5 % (50 g/L), difenoconazole 2,5 % (25 g/L), fludioxonil 2,5 % (25 g/L) , tiametoxam 17,5 % (175 g/L)	200cc/100 kg semillas
Systiva®(S)	BASF Agro	curasemilla	fluxapyroxad 28% (v/v)	25cc/100 kg semillas
Premis®(S)	BASF Agro	curasemilla	triticonazole 10 % (p/v)	75cc/100 kg semillas
Duett® plus(D)	BASF Agro	foliar	metconazole 2,75% + epoxiconazole 3,75%	1,2L/Ha
Orquesta® Ultra(Or)	BASF Agro	foliar	fluxapyroxad 5% + epoxyconazole 5% +pyraclostrobin 8,1%	1,2L/Ha
Reflect® Xtra(R)	Syngenta Agro	foliar	isopyrazam 12,5 % p/v (125 g/L) + azoxistrobina 20 % p/v (200 g/L)	0,5L/Ha
Almagor®(A)	ADAMA	foliar	azoxistrobina 5,6% + Tebuconazole 10% + Procloraz 20%	1,25L/Ha
Odeón®(Od)	ADAMA	foliar	clorotalonil 72% (720 g/L)	1,5L/Ha

Tabla 1. Formulaciones e ingredientes activos utilizados en el ensayo.

En la tabla 2 se observan las combinaciones de tácticas evaluadas en el experimento y diseñadas en base a los productos y criterios de protección definidos anteriormente. Asimismo se detalla su performance en el control de las enfermedades y riesgo de generación de resistencia ante los patógenos. La protección del cultivo durante encañazon y hoja bandera brindó la mayor eficiencia para el control de las enfermedades foliares (Tabla 2, NDR, NDOr, NAOd y NAOOr). El SNC solo fue controlado usando fungicidas formulados con carboxamidas o clorotalonil aplicados en hoja bandera (NRR, VNR, SNOOr, NNR, NNOr, NDR, NDOr, NAOd y NAOOr). Los tratamientos con carboxamidas aplicadas sólo en semilla o encañazón no evidenciaron control sobre el SNC (Tabla 2, VDN, SDN y NRD). La aplicación simple durante hoja bandera no protegió al cultivo ante las enfermedades foliares no-ramularia (Tabla 2, NNR y NNOr). Sin embargo cuando se combinó el tratamiento de hoja bandera con la protección de semilla y plántula mediante el uso de curasemillas se lograron buenos niveles de protección de estas enfermedades (Tabla 2, VNR y SNOOr).

Además de la eficiencia de control debemos considerar la necesidad de reducir el riesgo de generación de resistencia de los patógenos a los ingredientes activos (i.a) utilizados. Para determinar el riesgo de las tácticas planteadas se utilizó la información de la Fungicide Resistance Action Comitee (FRAC) tomando en cuenta las características del patógeno (mono o policiclicos, dispersión, recombinación sexual presente, entre otras), el riesgo inherente del fungicida (familia química, modo de acción, etc) y el riesgo agronómico (prácticas culturales, condiciones ambientales, fertilización, variedad utilizada, etc). En la tabla 2 (NRR, SNOOr y NDD) se observa que la sucesiva aplicación de una misma familia de i.a's (de un solo sitio de acción) o falta de rotación de las mismas en un mismo ciclo de cultivo aumenta las probabilidades de riesgo de generación de resistencia a lo largo de los años. En cambio, el uso de i.a's multisitio con o sin mezcla con otras flias baja al mínimo estas probabilidades (Tabla 2, NAOd).

Las enfermedades foliares del cultivo de cebada pueden impactar de distintas maneras sobre la producción y calidad. Esto está íntimamente relacionado con el momento de aparición y desarrollo de las mismas. Aquellas que se observan en alta severidad alrededor de macollaje y encañazón tienden a afectar en mayor medida al rendimiento y aquellas que se evidencian de floración en adelante sobre la calidad del grano. Los niveles (incidencia y severidad) de escaldadura y mancha borrosa se relacionaron negativamente con el rendimiento (Tabla 3), en tanto que, el efecto de la severidad del salpicado necrótico es la variable que afectó al PMG (-0,6) y el calibre del grano (-0,6 para zaranda 2,8mm y 0,71 para zaranda 2,2mm, respectivamente). Las tácticas (Tabla 2, VDN, SDN, VNR, SNOOr, NDR, NDOr, NRD, NAOd y NAOOr) que proporcionaron buen control sobre escaldadura y mancha borrosa tendieron a tener los mayores rendimientos (hasta 1600 kg/Ha más que el control sin tratar) (Figura 1, A). En los tratamientos o tácticas que obtuvieron buen o muy buen control sobre el salpicado necrótico (Tabla 2, VNR, SNOOr, NNR, NNOr, NDR, NDOr, NAOd y NAOOr) se observaron los mayores valores de PMG y menor porcentaje de granos en zaranda de 2,2mm (Figura 1, B y C).

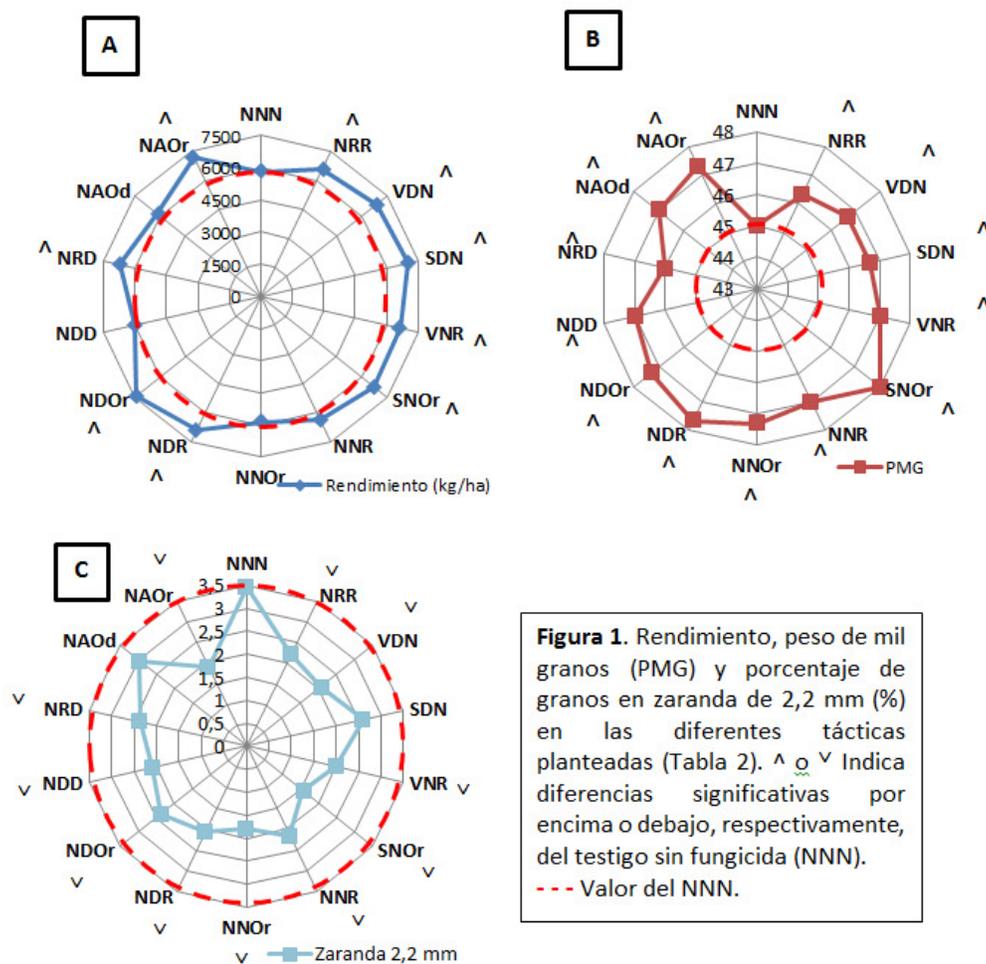
Tratamiento	Táctica de protección química			Enfermedad-agente causal			Valoración antiresistencia
	Semilla	Encañazón	Hoja bandera	Mancha Borrosa - <i>Bipolaris sorokiniana</i>	Escaldadura - <i>Rhynchosporium secalis</i>	Salpicado necrótico - <i>Ramularia collo-cygni</i>	Riesgo estimativo de pérdida de sensibilidad de patógenos según táctica utilizada
NNN	-	-	-				B
NRR*	-	Reflect Xtra	Reflect Xtra				A
VDN	Vibrance	Duett plus	-				M
SDN	Systiva + Premis	Duett plus	-				M
VNR	Vibrance	-	Reflect Xtra				M
SNOr	Systiva + Premis	-	Orquesta				A
NNR	-	-	Reflect Xtra				M
NNOr	-	-	Orquesta				M
NDR	-	Duett plus	Reflect Xtra				M
NDOr	-	Duett plus	Orquesta				M
NDD	-	Duett plus	Duett plus				A
NRD	-	Reflect Xtra	Duett plus				M
NAOd	-	Almagor	Odeón				B
NAOr	-	Almagor	Orquesta				M

	Muy bueno
	Bueno
	Malo

Tabla 2. Tratamientos/tácticas planteadas, performance de las mismas para las diferentes enfermedades foliares evaluadas y riesgo de generación de resistencia. Se evaluó incidencia y severidad de las diferentes manchas foliares. Nomenclatura de tácticas (XXX): 1er dígito, curasemilla; 2do dígito: aplicación en encañazón y 3er dígito: aplicación en hoja bandera. N: No aplicado. A: Alto, M: Medio y B: Bajo. *Control absoluto con una aplicación más en dos o tres hojas.

	Incidencia MB	Incidencia ESC	Incidencia SNC	Severidad MB	Severidad ESC	Severidad SNC
Rendimiento (kg/Ha)	-0,6	-0,6	-0,31	-0,5	-0,5	-0,45
PMG (g)	-0,06	-0,3	-0,39	0,04	-0,46	-0,63
Zaranda 2,8 (mm)	0,03	-0,25	-0,5	0,03	-0,41	-0,6
Zaranda 2,5 (mm)	0,02	0,29	0,46	-0,02	0,44	0,6
Zaranda 2,2 (mm)	-0,13	0,06	0,6	0,08	0,23	0,71
Proteína	-0,5	-0,38	0,08	-0,17	-0,36	0,02

Tabla 3. Cuadro de correlaciones entre las diferentes variables de calidad y rendimiento y las enfermedades foliares evaluadas. Las celdas sombreadas representan correlaciones significativas. MB: mancha borrosa; ESC: escaldadura y SNC: salpicado necrótico.



Conclusiones

Es evidente que las tácticas que protegen el cultivo de enfermedades en macollaje/encañazón y hoja bandera devuelven una mejor producción en cantidad y calidad. Cabe aclarar que bajo las condiciones de experimentación no hubo problemas de implantación con patógenos de suelo ni se observaron síntomas significativos de roya del tallo. Como hemos podido observar, la combinación de curasemillas + carboxamida en hoja bandera ofrece resultados similares cuando se reemplaza al curasemilla con un foliar (triazoles y/o estrobilurina y/o imidazol) durante encañazon. Esto, a priori, indicaría que podemos evitar una aplicación foliar en macollaje/encañazón utilizando un buen curasemilla. Sabemos que la bondad de los curasemillas reside en que éstos protegen al cultivo de patógenos de suelo e impacta

sobre la epidemiología de las enfermedades foliares que se vehiculizan por semilla reduciendo los niveles de inóculo inicial de las mismas y protegiendo las plántulas durante los primeros estadios de desarrollo. La limitante es que en los casos donde el ambiente es altamente predisponente puede que la protección de los curasemillas no alcance para mantener bajos los niveles de enfermedades foliares.

En relación a los resultados obtenidos en este trabajo y en coincidencia con trabajos previos se observa que la aplicación de productos que contienen carboxamidas en hoja bandera brindan el mejor resultado para controlar el SNC sin la necesidad de utilizar carboxamidas en aplicaciones previas. De hecho podemos observar que dicho i.a aplicado solo en semilla o en elongación de tallo es insuficiente para el control de dicha enfermedad.

En conclusión se obtuvieron seis tácticas que tuvieron una buena o muy buena performance para las enfermedades evaluadas reduciendo el impacto en la producción, curasemillas o aplicación de foliares en encañazón en combinación con carboxamidas o i.a multisitio (clorotalonil) en hoja bandera. Debemos destacar que actualmente los programas de protección química en cereales de Europa, especialmente en cebada, se basan en el uso de multisitios en mezclas con carboxamidas y/o triazoles y/ estrobilurinas como medidas antiresistencia. Si bien cada una de estas tácticas tienen diferentes probabilidades de riesgo de generar patógenos resistentes, es en la combinación y rotación de las mismas donde reside la clave para proteger la producción de cebada de manera sustentable y eficiente.

Bibliografía

-Carmona MA. Manejo Integrado de las principales enfermedades de la cebada cervicera: el caso de las manchas foliares. XVI Congreso AAPRESID, 2006.

- Erreguerena I, Quiroz F, Montoya M, Maringolo C, Lázaro N, Giménez F, 2014. Ventana de protección para el control químico de *Ramularia collo-cygni* y *Rhynchosporium secalis* en cebada en el sudeste bonaerense. 3er Congreso Argentino de Fitopatología, San Miguel de Tucumán, 4-6 Junio de 2014. ISBN: 978-987-24373-1-2 pp 542: (359).

-FRAC, 2013. Pathogen Risk List.

Agradecimientos

-Silvio Giuliano y Carlos Antonelli

-ADAMA, BASF y SYNGENTA